

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-031330

(43)Date of publication of application : 02.02.1999

(51)Int.Cl.

G11B 7/09

G11B 7/085

G11B 19/02

(21)Application number : 09-183439

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 09.07.1997

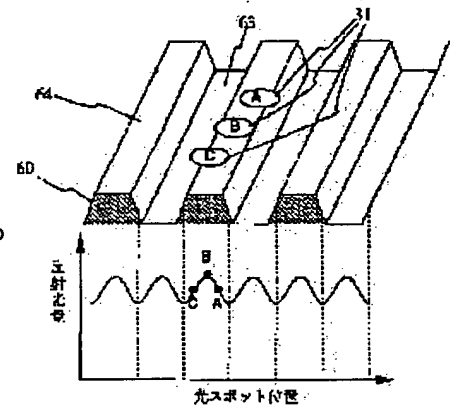
(72)Inventor : MIYAMOTO JIICHI
SUGIYAMA HISATAKA
SHIMANO TAKESHI

(54) METHOD FOR POSITIONING LIGHT SPOT ON OPTICAL INFORMATION RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform precise tracking in an optical disk device recording information on a groove part and an inter-groove part.

SOLUTION: The tracking is performed using that a light quantity of reflected light is reduced when a light spot 31 is placed on a boundary between the groove part 60 and the inter-groove part 63. That is, the tracking is performed so that the intensity of the reflected light becomes maximum. Specifically, methods of three kinds of (1) the reflected light intensity of sub-spots shifted to left/right from a center of a track are compared, (2) a medium that the groove part and the inter-groove part are wobbled to left/right beforehand to be formed is used and (3) the light spot is wobbled so that the light spot is shifted to left/right delicately from the track center are used.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-31330

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月2日

(51) Int.Cl.⁶

G 1 1 B 7/09
7/085
19/02

識別記号

5 0 1

F I

G 1 1 B 7/09
7/085
19/02

C
E
5 0 1 L

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-183439

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月9日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 宮本 治一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 杉山 久貴

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所映像情報メディア事業部
内

(72) 発明者 島野 健

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

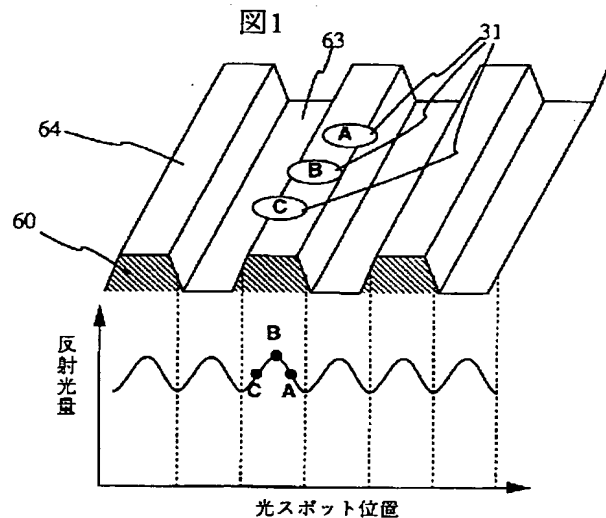
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 光情報記録媒体上への光スポット位置決め方法

(57) 【要約】

【課題】 溝部と溝間部に情報を記録する光ディスク装置にあって、正確なトラッキングを行う技術が開示されている。

【解決手段】 溝部60と溝間部63の境界に光スポット31が位置するときに、反射光の光量が減少することを利用してトラッキングを行う。即ち、反射光の強度が最大になるようにトラッキングを行う。具体的には、(1) トラック中心から左右にずらした副スポットの反射光強度を比較する、(2) 溝部及び溝間部が左右にあらかじめウォブルして形成された媒体を用いる、(3) 光スポットがトラック中心から微妙に左右にずれるように光スポットをウォブルさせる、の3種の方法を用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】ディスク状基板上に、溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者で構成された略螺旋状または同心円状情報トラックを有する光情報記録媒体を用い、上記溝の光学的深さの略 4 倍より短い波長の光を上記媒体上に集光して光スポットを形成するとき、上記光の反射光のピーク強度、ボトム強度又は平均強度が極大になるように上記光スポットの位置を調整して、上記情報トラックに前記光スポットを追従させる光スポット位置決め方法。

【請求項 2】前記の光スポットの他に、前記の情報トラック幅の略 1/4 だけ半径方向に互いに逆向きに前記光スポットから変位させた 1 対の副スポットを形成し、該 2 つの副スポットからの反射光のピーク強度、ボトム強度又は平均強度を各々検出し、該検出強度の差が零になるように光スポットの位置を調整して、前記情報トラックに前記光スポットを追従させることを特徴とする請求項 1 に記載の光スポット位置決め方法。

【請求項 3】前記の 1 対の副スポットの形成手段として前記光スポットを形成する光学系中に、少なくとも回折格子又はホログラム素子を用いることを特徴とする請求項 2 に記載の光スポット位置決め方法。

【請求項 4】前記の光スポットを、前記情報トラックに対して半径方向に微小に振動させ、反射光のピーク強度、ボトム強度又は平均強度の変化のうち、前記振動と同一周期の変動成分が最小になるように光スポットの位置を調整して、前記情報トラックに前記光スポットを追従させることを特徴とする請求項 1 に記載の光スポットの位置決め方法。

【請求項 5】前記振動のうち、前記光スポットが前記情報トラックに対して相対的に半径方向内側に位置している半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度あるいは平均強度と、前記光スポットが前記情報トラックに対して相対的に半径方向外側に位置している半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度あるいは平均強度との差が零になるように、光スポットの位置を調整したことを特徴とする請求項 4 に記載の光スポットの位置決め方法。

【請求項 6】前記振動の振幅は前記光スポットの直径の 1/10 以下の 1 以下である請求項 4 乃至 5 のうちいずれかに記載の光スポット位置決め方法。

【請求項 7】前記光情報記録媒体として、上記の溝部および溝間部が半径方向にウォブルされて形成されており、該ウォブルの位相が隣接トラックの位相と放射状に揃うように形成された領域を少なくとも有するものを用い、前記ウォブルと同一周期の反射光変動が最小になるように光スポットの位置を調整することを特徴とする、請求項 1 に記載の光スポットの位置決め方法。

【請求項 8】前記光情報記録媒体として、半径方向に少なくとも一つの識別情報あるいは同期情報を有するものを用いた請求項 7 に記載の光スポットの位置決め方法。

【請求項 9】前記ウォブルのうち、前記光スポットが前

記情報トラックに対して相対的に半径方向内側に位置している半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度あるいは平均強度と、前記光スポットが前記情報トラックに対して相対的に半径方向外側に位置している半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度あるいは平均強度との差が零になるように、光スポットの位置を調整したことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光スポットの位置決め方法。

【請求項 10】前記ウォブルまたは光スポットの振動の周期は、光情報記録媒体に記録されている情報の記録符号によって決まるの最大周期成分の 4 倍よりも長いことを特徴とする請求項 4 乃至 10 のうちいずれかに記載の光スポットの位置決め方法。

【請求項 11】前記溝部と溝間部の幅がほぼ等しい請求項 1 乃至 10 のうちのいずれかに記載の光スポット位置決め方法。

【請求項 12】前記光の波長が 500 nm 以下である請求項 1 乃至 11 のうちのいずれかに記載の光スポット位置決め方法。

【請求項 13】前記光スポットの直径は溝部の幅より小さい請求項 1 乃至 12 のいずれかに記載の光スポット位置決め方法。

【請求項 14】前記光スポットの直径は溝間部の幅より小さい請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の光スポット位置決め方法。

【請求項 15】前記ウォブルまたは光スポットの振動の振幅は、光スポットの直径の 1 割より小さい請求項 4 乃至 10 のうちいずれかに記載の光スポットの位置決め方法。

【請求項 16】前記ウォブルまたは光スポットの振動の振幅は、トラックの幅の 1 割より小さい請求項 4 乃至 10 のうちいずれかに記載の光スポットの位置決め方法。

【請求項 17】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者に情報トラックを有する光情報記録媒体に光スポットを位置決めする方法であって、上記位置決めされる光スポットと該光スポットの照射位置から上記溝もしくは溝間部の幅の 1/4 の整数倍だけ変位させた 2 つの副光スポットを光情報記録媒体上に照射し、該 2 つの副光スポットからの反射光をそれぞれ検出して検出信号を形成し、該検出信号の差分信号を形成し、該形成された差分信号から上記光スポットと上記情報トラックとの位置ずれを示すトラックずれ信号を形成し、該トラックずれ信号に基づいて上記光スポットの照射位置を制御する光スポットの位置決め方法。

【請求項 18】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者に情報トラックを有する光情報記録媒体に光スポットを位置決めする方法であって、上記位置決めされる光スポットを上記情報トラックの幅方向に振動させて照射し、該光スポットからの反射光を検出して検出信号を形成し、該検出信号から上記振動の周期と整数倍の周期の変動成分

を検出して抽出信号を形成し、該抽出信号から上記光スポットと上記情報トラックとの位置ずれを示すトラックずれ信号を形成し、該トラックずれ信号に基づいて上記光スポットの照射位置を制御する光スポットの位置決め方法。

【請求項 1 9】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者に情報トラックを有する光情報記録媒体に光スポットを位置決めする方法であって、上記位溝部を上記情報トラックの幅方向に振動させて形成しておき、上記光スポットからの反射光を検出して抽出信号を形成し、該抽出信号から上記振動の周期の整数倍の周期の変動成分を検出して抽出信号を形成し、該抽出信号から上記光スポットと上記情報トラックとの位置ずれを示すトラックずれ信号を形成し、該トラックずれ信号に基づいて上記光スポットの照射位置を制御する光スポットの位置決め方法。

【請求項 2 0】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者で構成されたトラックを有する光情報記録媒体を用い、上記溝の光学的深さ d に対して $4.5d$ より短い波長の光を前記媒体上に集光して光スポットを形成するとき、上記光スポットの反射光のピーク強度、ボトム強度および平均強度のうちいずれか一つが大きくなるように上記光スポットの位置を調整して、上記トラックに上記光スポットを追従させ、該光スポットにより情報の記録または再生を行う光学的記録再生方法。

【請求項 2 1】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者で構成されたトラックを有する光情報記録媒体を用い、所定波長の光を前記媒体上に集光して光スポットを形成するとき、該光スポットの他に、上記トラック幅方向に互いに逆向きかつ同じ量だけ上記光スポットから変位させた 1 対の副スポットを形成し、該 2 つの副スポットからの反射光のピーク強度、ボトム強度および平均強度のうちの少なくとも一つを各副スポットごとに検出し、該検出強度の差が零になるように光スポットの位置を調整して、上記トラックに光スポットを追従させ、該光スポットにより情報の記録または再生を行う光学的記録再生方法。

【請求項 2 2】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者で構成されたトラックを有する光情報記録媒体を用い、所定波長の光を前記媒体上に集光して光スポットを形成するとき、該光スポットを上記トラックに対して半径方向に振動させ、反射光のピーク強度、ボトム強度および平均強度の変化のうち、上記振動と同一周期の変動成分が最小になるように光スポットの位置を調整して、上記トラックに光スポットを追従させて、該光スポットにより情報の記録または再生を行う光学的記録再生方法。

【請求項 2 3】前記振動のうち、前記光スポットが前記トラックに対して相対的に半径方向内側に位置している振動の半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度および平均強度のうちの少なくとも一つと、前記光スポットが前記トラックに対して相対的に半径方向外側に位置して

いる振動の半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度および平均強度のうちの少なくとも一つとの差が零になるように光スポットの位置を調整したことを特徴とする請求項 1 9 または 2 0 に記載の光学的記録再生方法。

【請求項 2 4】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者で構成されたトラックを有する光情報記録媒体を用い、所定波長の光を前記媒体上に集光して光スポットを形成するとき、上記光情報記録媒体として、上記溝部および溝間部が半径方向にウォブルされて形成されており、該ウォブルの位相が隣接トラックの位相と放射状に揃うように形成された領域を少なくとも有するものを用い、前記ウォブルと同一周期の反射光変動が最小になるように光スポットの位置を調整することを特徴とする光スポットの位置決め方法。

【請求項 2 5】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者に情報トラックを有する光情報記録媒体に光スポットを位置決めする方法であって、上記位置決めされる光スポットと該光スポットの照射位置から上記溝もしくは溝間部の幅の $1/4$ の整数倍だけ変位させた 2 つの副光スポットを光情報記録媒体上に照射し、該 2 つの副光スポットからの反射光をそれぞれ検出して抽出信号を形成し、該抽出信号の差分信号を形成し、該形成された差分信号から上記光スポットと上記情報トラックとの位置ずれを示すトラックずれ信号を形成し、該トラックずれ信号に基づいて上記光スポットの照射位置を制御する光スポットの位置決め方法。

【請求項 2 6】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者に情報トラックを有する光情報記録媒体に光スポットを位置決めする方法であって、上記位置決めされる光スポットを上記情報トラックの幅方向に振動させて照射し、該光スポットからの反射光を検出して抽出信号を形成し、該抽出信号から上記振動の周期と整数倍の周期の変動成分を検出して抽出信号を形成し、該抽出信号から上記光スポットと上記情報トラックとの位置ずれを示すトラックずれ信号を形成し、該トラックずれ信号に基づいて上記光スポットの照射位置を制御する光スポットの位置決め方法。

【請求項 2 7】溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者に情報トラックを有する光情報記録媒体に光スポットを位置決めする方法であって、上記位溝部を上記情報トラックの幅方向に振動させて形成しておき、上記光スポットからの反射光を検出して抽出信号を形成し、該抽出信号から上記振動の周期の整数倍の周期の変動成分を検出して抽出信号を形成し、該抽出信号から上記光スポットと上記情報トラックとの位置ずれを示すトラックずれ信号を形成し、該トラックずれ信号に基づいて上記光スポットの照射位置を制御する光スポットの位置決め方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、光情報記録媒体の

所望の位置に光スポットを位置決めする方法にかかわる。特に、溝部と溝間部の両方に情報トラックを有する光情報記録媒体を、溝の光学的な深さの略 4 倍の波長の光を用いて情報を再生する際に好適な光スポット位置決め方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の技術はたとえば、特開昭 5 7 - 5 0 3 3 0 号公報に示されている。この例では、記録媒体として、基板上に溝部と溝間部を有し、この溝部と溝間部の両方に情報記録領域を有する光記録媒体を用いている。さらに、溝部と溝間部の境界部の仮想延長線上に記録単位（セクタ）の識別情報としてプリビットを配置している。これにより、記録情報を溝部と溝間部の両方に記録すると共に、記録領域を示す識別（アドレス）情報を、プリビットによって記録し、かつ、一つのプリビットを 1 対の溝部と溝間部の両方に対するアドレス情報として共用している。

【0003】この方式は、例えば相変化型記録媒体や光磁気記録媒体に適用した場合、溝部と溝間部においては、光スポット内での干渉効果により隣接する溝間部あるいは溝部の情報が混入しなくなる（クロストークがなくなる）ため、狭トラック化が可能になり高密度記録が可能になるという特徴がある。

【0004】このような、クロストークの低減効果は、例えば特開平 5 - 2 8 2 7 0 5 号公報に示されているように、溝の光学的深さを光の波長の約 $1/5$ から $1/7$ にしたときに顕著になることが知られている。

【0005】一方、このような、媒体に対する光スポットの位置決め方法としては、例えば特開昭 6 3 - 6 6 7 3 4 号公報に見られるような、溝部による光の回折を利用したプッシュプルトラッキング法が用いられている。プッシュプルトラッキング方式は周知のように、光ディスク上の案内溝で反射回折された光を検出し、その分布からトラッキングエラー信号を形成する方式である。プッシュプルトラッキングは溝の光学深さが約 $1/8$ 波長のとき最も大きなトラッキングエラー信号を得ることができ、制御を安定に行うことができる。特開昭 6 3 - 6 6 7 3 4 号公報の例では、溝部情報トラックに光スポットを追従させると、溝間部情報トラックに光スポットを追従させるとでトラッキング誤差信号の極性を切り替えていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述のような溝部と溝間部の両方に情報トラックを有する光情報記録媒体を、クロストーク低減効果が得られる波長よりも短波長の光で再生しようとしたときには、短波長の光に対しては溝の光学的深さが光波長の約 $1/4$ となってしまうことがある。再生光に対して溝の光学的深さが $1/4$ となった場合、プッシュプルによるトラッキング信号が殆ど零となり、光スポットの位置決めができないと言う

問題がある。

【0007】図 6 でこの問題を説明する。即ち、プッシュプルトラッキング信号は溝の光学深さの 5 倍以上の長さの光を用いたときには、十分なプッシュプル信号が得られる。しかし、波長が溝の光学深さの約 4 倍となったときには、溝部と溝間部のそれぞれで反射回折される光の位相差が π となるため、互いに干渉して打ち消され、トラッキングエラー信号（プッシュプル信号）は殆ど出ない。また、その信号極性が波長または溝深さのわずかな違いにより反転することになるため、実質的に安定なトラッキングを行うことができない。

【0008】例えば、図 6 の例に示すように、赤色レーザ（波長 600~700nm）で、溝の光学深さが約 $1/6$ 波長になるように設計した媒体を青色レーザ（波長 400~500nm）で再生した場合などにこの問題が生ずる。このような問題は、高密度記録を意図したレーザの短波長化に伴い、従来の赤色レーザに対応した溝深さを持つ媒体を、新しい青色レーザで再生するような場合に顕在化する。

【0009】本発明の目的は、上記問題点を解決し、溝部と溝間部に情報記録トラックを有する媒体に対して、光波長が溝の光学深さの約 4 倍となる光を用いても安定に動作させることにある。また、溝部情報トラックと溝間部情報トラックの両者に対して特別な切替操作なしに、光スポットを情報トラックに位置決めする方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明では、上記目的を達成するため、以下の手段を用いた。

【0011】（1）ディスク状基板上に、溝部と溝部に挟まれた溝間部の両者で構成された略螺旋状または同心円状情報トラックを有する光情報記録媒体を用い、光を媒体上に集光して光スポットを形成するとき、光の反射光のピーク強度または平均強度が極大になるように光スポットの位置を調整して、情報トラックに光スポットを追従させることようにした。

【0012】このとき、溝の光学的深さの 4 倍の波長の光を用いるとき最も効果的にトラックとスポットの位置関係を検出することができる。

【0013】これにより、溝の光学的深さの略 4 倍の波長の光を用いても、光スポットの位置を常に溝部または溝間部の情報トラックの中心に位置づけることが可能となる。更に、この際、溝部と溝間部に対して特に位置決め極性を切り替えたりすることなく、情報トラックの中心に光スポットを位置づけることが可能となる。

【0014】これは、光スポットが、溝部と溝間部の中間に位置したときに、溝部と溝間部からの反射光の位相差が 180 度になるため、反射光の強度が小さくなり、逆に光スポットが溝部あるいは溝間部の中心部に位置した場合には反射光の強度が大きくなる性質を利用している。この、反射光の強度の変化は溝の光学深さが光波長

の約 $1/4$ となったときに最も顕著に現れる。

【0015】また、この際、光の反射光としては、ピーク強度、ボトム強度又は平均強度を検出するのがよい。光のピーク強度又はボトム強度を検出した場合には、記録情報による反射光の強度変化の影響を取り除くことができるため、特に相変化型記録など、記録情報を反射光の強度変化として再生する光情報記録に適している。これに対し、光磁気記録等の場合には反射光の強度変化は生じないため光の平均強度を検出して、検出信号の品質を向上させるのがよい。より望ましくは、反射光のピーク強度又はボトム強度を適当な時定数で平滑化したものを反射光の強度として用いるのがよい。この際、適当な時定数とは、情報の記録周波数よりも十分低くかつ光スポット追従の周波数帯域よりも高い周波数にするのがよい。

【0016】本願発明では溝と溝間部の両方に情報を記録、再生することが好適であり、そのために、溝幅、溝間部の幅と光スポットの大きさの関係は、光スポットの光強度がその中心強度の e の自乗分の $1/(1/(e * e))$ になる直径が、溝部及び溝間部の幅とほぼ同等か、それより小さくなる場合に最も安定に光スポットの位置決めを行うことができる。

【0017】この中心強度の $1/(e * e)$ の強度の部分の直径 W は、ガウススポットの場合、光波長 λ と NA を用いると、 $W = k \lambda / NA$ なる関係を満たす。ここで k はレンズの入射光の強度分布に依存する係数であるが、通常 $0.8 \sim 0.9$ である。従って、例えば、波長 500 nm の光で $NA = 0.6$ の光学レンズを用いた場合、光スポット径は $0.65 \text{ ミクロン} \sim 0.75 \text{ ミクロン}$ となり、赤色レーザ用記録媒体のトラック幅である 0.75 ミクロン とほぼ同じかまたは小さくなっている。

【0018】(2) 反射光のピーク強度、ボトム強度又は平均強度が極大になるように光スポットの位置調整する手段としては、光スポットの他に、情報トラック幅の略 $1/4$ だけ半径方向に互いに逆向きに前記光スポットから変位させた 1 対の副スポットを形成し、2 つの副スポットからの反射光のピーク強度又は平均強度を各々検出し、検出強度の差が零になるように光スポットの位置を調整することとした。

【0019】光スポットが情報トラックの中心にあるときに反射光を最大になることから、2 つの副スポットが溝中心から同じ距離だけずれているときに 2 つの副スポットからの反射光の強度が等しくなる。2 つの副スポットからの反射光の差が零になるとき、即ち、2 つの副スポットの反射光量が等しくなるときに、光スポットは情報トラックの中心に位置し、反射光の強度は最大になる。

【0020】実際には、光スポットが溝部と溝間部の間(境界)に位置するときも、情報トラックの 2 つの副

スポットからの反射光は等しくなる。しかし、図 1 に見られるように、この場合には、反射光量が最低になる。また、光スポットのずれに対する極性がことなるため、光スポットを追従させる極性を制御することで、自動的に、情報トラックの中心にのみ光スポットを位置づけることが可能となる。すなわち、光スポットのずれ方向に対して、トラッキングエラー信号の変化する方向が異なる。たとえば、図 1 において、トラック中心近傍に光スポットがあり、光スポットが図面右側に変位したときに、トラッキングエラー信号は正の方向に増大する。トラック境界部に光スポットがあり、光スポットが図面右側に変位したときはトラッキング信号は負の方向に増大する。従って、光スポットがトラック中心部付近で左右に変位した時のトラッキングエラー信号を逆極性にして、光スポット(レンズ)の駆動回路にフィードバックすることにより、常にトラック中心に光スポットを位置づけることができる。

【0021】なおこの際、副スポットは光スポットと半径方向にな放射状に並んでいる必要はなく、半径方向とトラックに沿う方向の両方向に光スポットから変位して形成してもよい。このようにすることにより、光スポットと副スポットが重ならないようにすることができるため、副スポットの反射光のみを光スポットの反射光から分離して検出することが容易になる。

【0022】この場合も、光の反射光としては、ピーク、ボトム強度又は平均強度を検出することにより、記録情報による反射光の強度変化の影響を取り除くことができ、また、検出信号の品質を向上させることができる。また、反射光のピーク強度、ボトム強度を適当な時定数で平滑化したものを反射光の強度として用いるのがより望ましい。

【0023】なお、副スポットの径と主スポットの径は同じとして良い。

【0024】(3) 1 対の副スポットの形成手段として光スポットを形成する光学系中に、少なくとも回折格子又はホログラム素子をもうけることも好ましい。

【0025】これにより、回折格子又はホログラム素子の作用により、光スポットを形成するのと同じ光源から副スポットを形成することができる。このため、光スポットに対し一定距離だけ変位した位置に副スポットを形成することが容易になる。

【0026】(4) 他のトラッキング方法としては、光スポットを、情報トラックに対して半径方向に微小に変位するように振動させ、反射光のピーク強度又は平均強度の変化のうち、振動と同一周期の変動成分が最小になるように光スポットの位置を調整することにより、情報トラックに前記光スポットを追従させることができる。

【0027】このとき、大きなトラッキング信号を得るためには、光スポットの変位量をトラック幅の 4 分の 1 間での範囲で大きくするのがよいが、実用上、再生信号

への影響を考慮すると、光スポットがトラック中心にあるとみなせる量、すなわちトラック幅の約 8 分の 1 以下の振動振幅にするのがよい。

【0028】光スポットが情報トラックの中心に位置しているときには振動によって光スポットが情報トラックから半径方向内側にずれたときも、半径方向外側にずれたときも、反射光量は減少する。このため、情報トラックの中心に光スポットが位置しているときの反射光量の変化は振動の周波数の 2 倍の周波数の成分が主となる。また、振動と同一周波数の反射光の変動成分は殆ど零となる。従って、振動と同一周期の変動成分が最小になるように光スポットの位置を調整することによって、光スポットを情報トラックの中心に位置づけることができる。

【0029】光スポットの振動は光スポットの位置決めのための駆動装置を用いて行うか、あるいは、音響光学素子を用いて行ってもよい。

【0030】また、光スポットは情報トラックに対して相対的に微小にウォブルしていればよい。すなわち、必ずしも光スポット自体が振動している必要はなく、例えば、後に示すように情報トラックがウォブルして形成されていてもよい。

【0031】(5) 振動のうち、光スポットが情報トラックに対して相対的に半径方向内側に位置している半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度あるいは平均強度と、光スポットが情報トラックに対して相対的に半径方向外側に位置している半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度あるいは平均強度との差が零になるように、光スポットの位置を調整することも好ましい態様である。

【0032】これにより、振動と同一周期の変動成分を最小になるように光スポットの位置を自動的に調整することが可能となる。

【0033】(6) 光情報記録媒体として、溝部および溝間部が半径方向にウォブルされて形成されており、ウォブルの位相が隣接トラックの位相と放射状に揃うように形成された領域を少なくとも有するものを用い、ウォブルと同一周期の反射光変動が最小になるように光スポットの位置を調整することも可能である。

【0034】これにより、光スポットを情報トラックに対して相対的に微小に振動させるのが容易になる。また、この際、ウォブルの位相が各情報トラックで放射状にそろっているため、高品質なウォブルの検出信号が得られる。また、光ディスクを一定回転速度で回転させたときのウォブル信号の周期が、略一定となるためウォブルの検出が容易となる。

【0035】(7) 情報記録媒体として、各トラックに識別情報又は同期情報を有するものを用いることも望ましい。

【0036】これにより、ウォブルの位相を容易に検出することができるため、光スポットが前記情報トラック

に対して相対的に半径方向内側に位置している半周期であるか、半径方向外側に位置している半周期であるかが容易に判別できる。

【0037】(8) ウォブルのうち、光スポットが情報トラックに対して相対的に半径方向内側に位置している半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度あるいは平均強度と、光スポットが情報トラックに対して相対的に半径方向外側に位置している半周期の反射光のピーク強度、ボトム強度あるいは平均強度との差が零になるように、光スポットの位置を調整した。

【0038】これにより、ウォブルと同一周期の変動成分を最小になるように光スポットの位置を自動的に調整することが可能になる。

【0039】(9) ウォブルの周期を、光情報記録媒体に記録されている情報の記録符号によって決まる最大周期成分の 4 倍、すなわち、最長のマーク長の 8 倍に相当する周期よりも長くした。

【0040】これにより、ウォブルに同期した反射光量の変動を、記録情報による反射光量の変動と分離することが容易になる。即ち、適当な時定数を持ったフィルタ回路を用いることにより簡単に分離できる。

【0041】なお、媒体に記録されている情報の検出、記録への影響を無視できるようにするためには、溝の揺動や光スポットのウォブルの周波数は、媒体に記録されている情報の記録符号によって決まる最大周期成分の 4 倍よりも長くすることが一つの基準である。

【0042】また、他の基準としては溝の揺動や光スポットのウォブルの振幅を、トラック幅の 10 パーセント以下とすることがある。

【0043】また、他の基準としては溝の揺動や光スポットのウォブルの振幅を、光スポットの直径の 10 パーセント以下とすることがある。

【0044】

【発明の実施の形態】

《実施例 1》本発明を以下図面を用いて、詳細に説明する。

【0045】図 3 は本発明の光情報再生装置の構成図である。図 3 において、光発生手段 21 から発せられる光 121 は光強度制御手段 171 によって一定の強度に制御されて再生光 122 として、レンズやミラー等の集光手段 22 を通じて光情報記録媒体 60 上に照射され、光スポット 31 を形成する。光スポット 31 からの反射光 123 は集光手段 22 を通じてフォトダイオードなどからなる光検出手段 27 に導かれる。光ヘッド 20 は光発生手段 121、集光手段 22、および光検出手段 27 等から構成されている。

【0046】光検出手段 27 からの再生信号は、光スポット位置ずれ信号生成回路 72 や再生回路 71 等からなる再生処理手段 70 へと導かれる。光スポット位置ずれ信号生成回路 72 の詳細については後述する。再生回路 71 は、検出された再生信号 40 をもとに、媒体上の、データの識別

情報やユーザデータ等の複合化情報47をマイクロコンピュータ等よりなる中央制御手段151へと送り出す。

【0047】光スポット位置ずれ回路72によって生成された光スポット位置ずれ信号41と、識別情報を元にして中央制御手段151が生成した指令信号48によって、自動位置制御手段512やモータ511等からなる光スポット走査手段51は光スポット31と媒体60との相対位置関係を制御する。

【0048】ここで、光情報記録媒体60としては、溝部と溝間部の両者を情報トラックとするランド/グループ型記録媒体を用いた。この、溝部及び溝間部の幅は約 $0.7\mu\text{m}$ で、溝の深さは630nmから680nmの赤色レーザ光に対して約 $\lambda/6$ となるように設計されている。この例では、媒体の基板として屈折率1.57のポリカーボネートを用いているため、深さは約69nmである。この媒体に対して、本発明では、青色(430nm)のレーザ光を用いて再生した。このため、溝の光学的深さは 0.25λ 、即ち $\lambda/4$ となっている。

【0049】図4に本実施例で用いる光ヘッド20の詳細を示す。光発生手段21であるレーザダイオードから発せられた光は、集光手段22を構成するコリメータレンズ221、ビームスプリッタ223、対物レンズ225を経て光情報記録媒体60上に集光される。この例では、光学系中に挿入された回折格子224によって、光スポット310の他に1対の副スポット311および312が形成されている。この回折格子224はホログラム素子などに置き換えることができる。

【0050】この3つの光スポット310及び副スポット311、312からの反射光は対物レンズ225、ビームスプリッタ223及び結像レンズ226を経て、それぞれのスポットに対応する光検出器270、271及び272へと導かれる。

【0051】ここにおいて、光スポットの大きさは、トラック幅と同じか、これより小さいものとした。光スポット310が溝または溝間部の中心に位置づけられている場合、副スポット311、312は溝と溝間部の境界にまたがるように照射されている。

【0052】図11には、このようにして検出された、2つの副スポットに対応する信号の処理回路を示す。2つの副スポットに対応する信号は、プリアンプ722、ピーク検出回路723及び、平滑化回路724を経て、検出信号42及び43となり、この2つの信号は差動回路721により差動信号41となる。この例ではこの差動信号を光スポット位置ずれ信号として用いて、自動位置制御手段512を構成するアクチュエータにより対物レンズ25を移動し、光スポット310、311及び312の位置をフィードバック制御する。

【0053】本実施例によって、光スポット位置ずれ信号が得られる原理を説明する。

【0054】図1に、光スポット31の位置と反射光量の関係を示した。光スポット31が溝部63と溝間部64の境界

部分(破線部)に位置すると、検出器27で検出される反射光量は減少する。これは、溝部63と溝間部64からの反射光の間の位相差が約180度、即ち逆位相になることによる。このため、光のスポット31が溝部トラック63あるいは溝間部トラック64の丁度真ん中にあるときには反射光量が最大となり、逆に溝部と溝間部の境界部に位置するときには反射光量が最小となる。したがって、光のスポット位置を反射光量最大となるように調節することによって、溝部トラック63あるいは溝間部トラック64の中心に光スポットを位置づけることができる。

【0055】本実施例ではこの光スポットの位置の調節を自動化するために、2つの副スポット311、312を用いた。即ち、2つの副スポットを主スポット310から半径方向(トラック垂直方向)にトラック幅 $0.7\mu\text{m}$ の約 $1/4$ 、即ち、約 $0.175\mu\text{m}$ ずらして形成した。2つのスポット311と312の主スポット310からのずれの方向は互いに逆方向である。

【0056】図5には、このようにずらして形成した2つのスポットの反射光量の光量差とトラックの関係を示す。(主)光スポット310が丁度トラックの中心に位置するとき、副スポットから得られる反射光量は、溝部63と溝間部64からの反射光の間の位相が逆位相になるため減少する。このとき副スポットの主スポットからのずれ量を同じに設定すれば、これらの光量信号は同じとなるはずである(図1のA、C)。したがって、これらの差信号を形成すると、この差信号が0になる。したがって、この差信号を光スポット位置ずれ信号とすることができる。

【0057】ここで、光スポットがトラック境界部にあるときも位置ずれ信号は0になっているが、この例では、光量差(光スポット位置ずれ信号)が正の時に光スポットを図中左に移動させ、光量差が負の時に光スポットを右に移動させると、光スポットはトラック中心の点でのみ安定に存在することになる。このため、この、光量差を光スポット位置ずれ信号として、光のスポットの位置を制御することができる。

【0058】図2に、このようにして得られたトラッキング信号と、再生光の波長の関係を示す。本発明によるトラッキング信号は、原理的には溝の光学深さが丁度 $1/4$ 波長の時すなわち、光の波長が光学溝深さの4倍のときに最大となる。また、本発明のトラッキング信号によると、光の波長が光学溝深さの約5倍もしくは約4.5倍よりも短くなるときに事実上良好なトラッキング信号が得られる。従って、本発明によれば、従来、トラッキング信号を得るのが困難であった $1/4$ 波長の深さの溝を有する光情報記録媒体に対して、光スポットを安定にトラッキング制御することができる。

【0059】ここで、本実施例では、光検出器から検出信号を得るのに、ピーク検出回路を用いた。この理由及び効果を以下に説明する。

【0060】図10に示したように、記録マーク65が存在することによって反射光量は変動する。図10の下のグラフで、中央の鋸上の線は記録マークによる高周波信号を表し、上下の線はこのエンベロープ信号を示している。この例では、記録媒体として、記録マーク65部で反射光量が低下する相変化型記録媒体を用いた。このため、上側のエンベロープ信号（太線）がマークが存在しないときの反射光量に対応する。

【0061】そこで、本実施例では図11に示すピーク検出回路723を用いて、上側エンベロープ信号を個々の検出器出力に対して得た。これにより、マークの影響を受けないでトラッキング信号を得ることができる。

【0062】本発明では、このピーク検出回路723に加えて、微小な傷や汚れによる影響を取り除いて安定なトラッキングを実現するために、平滑回路（ローパスフィルタ）724を用いている。もちろん、このローパスフィルタはなくても、本発明の効果は得られることは言うまでもない。

【0063】更に、記録信号に直流成分が余り含まれない場合には、ピーク検出回路を用いずに、平滑回路724のみを用いることも可能である。例えば、光磁気記録媒体に本発明を適用する場合などは、記録信号により反射光量は殆ど変化しないため、ピーク検出回路と平滑回路の両者を省略することもできる。この場合でも、実際には、光スポット位置自動調整機構（サーボ）の構成要素であるアクチュエータ等の周波数応答性により、平滑効果が得られる。記録マーク部分の反射率が大きくなるような記録媒体を用いる場合には、ピーク検出回路の変わりにボトム検出回路を用いるのがよい。

【0064】以上説明した実施例では、図5に示したように溝部と溝間部で同一のトラッキング信号が得られる。もちろん溝部と溝間部の形状が異なっている場合にはトラッキング信号は若干異なる。しかしながら、溝部と溝間部に於て、トラッキング信号の極性が反転することはないため、溝部と溝間部の間で、制御の仕方を変更することなく、安定にトラッキングを行うことができるため、装置構成が容易になる。

【0065】従って、本実施例のような媒体を用いる場合においては、本発明のトラッキング方法は、媒体の溝の深さが光学波長の1/4よりも浅い場合にも有効である。即ち、赤色レーザを用いた場合でも本実施例のトラッキング方法を用いることにより、装置の構成を大幅に簡略化することができる。

【0066】《実施例2》本発明の光スポット位置決め方法の別の実施例を以下に示す。

【0067】本実施例においても光情報再生装置の基本的な構成は前述の実施例と同様であり、図3に示した構成となっている。即ち、光発生手段21から発せられる光121は光強度制御手段171によって一定の強度に制御されて再生光122として、レンズやミラー等の集光手段22

を通じて光情報記録媒体60上に照射され、光スポット31を形成する。光スポット31からの反射光123は集光手段22を通じてフォトダイオードなどからなる光検出手段27に導かれる。

【0068】これらの光発生手段121、集光手段22、および光検出手段27等から、光ヘッド20が構成されている。この、光検出手段27からの再生信号は、本発明の特徴である光スポット位置ずれ信号生成回路72や再生回路71等からなる再生処理手段70へと導かれる。この光スポット位置ずれ信号生成回路72の詳細については後述する。

【0069】再生回路71は、検出された再生信号をもとに、媒体上の、データの識別情報やユーザデータ等の複合化情報をマイクロコンピュータ等よりなる中央制御手段151へと送り出す。光スポット位置ずれ回路72によって生成された光スポット位置ずれ信号41と、識別情報を元にして中央制御手段151が生成した指令信号によって自動位置制御手段512やモータ511等からなる光スポット走査手段51は光スポット31と媒体60との相対位置関係を制御する。媒体の構成や、用いた光波長なども前述の実施例と同様である。

【0070】次に、本実施例の光スポットの位置ずれを検出するのに、上述の例のような回折格子を用いないで、光スポットの位置をトラックに対して垂直方向に微小に振動させた。この、微小な振動には、光ヘッド20中に設けた音響光学素子を用いた。この音響光学素子により、本実施例では光スポットを約100kHzの周波数で0.05 μm の振幅で振動させた。

【0071】光スポットの振動振幅は、スポット径の一割以下が好ましく、また、トラック幅の一割以下が好ましい。

【0072】図12に本実施例での光スポット位置ずれ信号生成回路72とその関連回路を示す。光スポットからの反射光量を光検出器27で検出し、その検出信号を同期検波回路1200で同期検波して、光スポット位置ずれ信号を得、自動位置制御手段を制御する。この際、音響光学素子の駆動信号と、光検出信号の間の位相ずれを補償するための素子を用いたうえで、光検出信号を音響光学素子の駆動信号で同期検波するのが望ましい。すなわち、音響光学素子1203を制御する発振回路1201からの信号を、位相補償回路1202にて位相補償し、同期検波回路1200に入力する。

【0073】このような同期検波により得られる信号は、光スポット位置と反射光量の関係を示す信号（図1）を微分したものに相当する。即ち、図5に示した波形と同様な波形の信号が得られる。従って、この同期検波信号を用いて、前記実施例と同様に光スポットを安定にトラッキングすることができる。

【0074】本実施例においても、前述と同じように、光検出器の出力に対して、ピークホールド回路723など

10

20

30

40

50

を通した後で、同期検波回路へと信号を導入するのが記録信号の影響を除去できるという点で望ましい。

【0075】《実施例3》図9に本発明の一実施例に用いる記録媒体のトラック及びセクタ配置を示す。ディスク状記録媒体60の半径方向に複数のグループ691、692、693が配置されている。トラック63は半径方向に微小量ウォブルされている。各トラックは半径方向にそろった複数の円弧状セクタ（記録単位）61に分割されている。円弧状セクタ61の長さは、グループによらず略一定になるように、半径の大きな位置のグループになるほど一周辺りのセクタの分割数が多くなっている。このように、グループ分けされた記録媒体を用いることにより、内外周での密度を略一定にでき、媒体の表面積を有効に用いることができる、また、各グループ内では同一の回転速度、記録周波数で記録再生制御ができるため、媒体を使用する装置の構成が簡単になる。

【0076】図7に本発明の情報記録媒体の一つのグループ内のトラックの配置の例を示す。幅約 $0.7\mu\text{m}$ 、深さ約 70nm の溝部情報トラック63及び幅約 $0.7\mu\text{m}$ の溝間部情報トラック64が交互に配置されている。溝部情報トラック63と溝間部情報トラック64は切り替え部65で互いに接続されている。すなわち溝部63は、トラック一周後に隣の溝間部64に、溝間部64は、トラック一周後に隣の溝部63に接続するように構成されている。各トラックはセクターなどの複数の円弧状記録単位61に分割されており、各情報記録単位61の先頭には識別情報62が配置されている。この例ではセクタの長さは約 $8\sim 9\text{mm}$ で、 2048 バイトのユーザ容量に相当する。溝部および溝間部は約 30nm の振幅で半径方向に揺動（ウォブル）されている。ウォブルの周期はセクタ長さの $1/232$ すなわち、約 $37\mu\text{m}$ に設定した。この $1:232$ と言う比は、記録データの長さ（チャンネルビット長）ウォブルの周期が整数倍になるように選んだ。即ち、この例では、記録チャンネルビット長の 186 倍になるように構成されている。このように、ウォブルの周期を記録チャンネルビットの整数倍にすることにより、ウォブルから記録クロックを生成するのが容易になる。

【0077】揺動の振幅は光スポットの径の 1 割程度、あるいは、トラック幅の一割以下に設定すると、情報信号に対する影響が少ない。

【0078】ここで、光スポットの波長は溝の光学深さの 4.5 倍よりも短いこととする。本実施例では溝の深さは 650nm の赤色レーザ光に対して約 $\lambda/6$ となるように設計されている。この例では、媒体の基板として屈折率 1.57 のポリカーボネートを用いているため、深さは約 69nm である。この媒体に対して、本発明では、青色（ 430nm ）のレーザ光を用いて再生した。このため、溝の光学的深さは 0.25λ 、即ち $\lambda/4$ となっている。

【0079】各情報識別情報部分の部分平面拡大図を図8に示す。

【0080】図8は、識別情報の前後のトラックが溝部同志、溝間部同志で接続している部分66を示している。

図8で識別情報は第1の位置621、第2の位置622の2つの場所に半径方向にそろって放射状に配置されている。前後のトラックが溝部63同志、溝間部64同志で接続している。この図の例では各識別情報はその右側の情報トラックの記録領域に対応している。さらに、図の右側の溝部情報トラック63に対応する識別情報は第1の位置621に、溝間部情報トラック64に対応する識別情報は第2の位置622に配置されている。すなわち、識別情報が、情報トラックに沿う方向の位置が隣接するトラック同志で異なっておりかつ2つ隣のトラックとは一致するように配置されている。

【0081】このため、例えば、溝間部64上を光スポット631が走査した場合、常にどちらか片方のビットだけが再生されることとなり隣接トラックからのクロストークが生じる心配が無い。従って、プリビットに配されたアドレス情報をクロストーク無く良好に再生することが可能となり、高密度な記録を実現することができる。プリビットのアドレス情報はこの例では $8/16$ 変調符号（チャンネルビット長 $0.2\mu\text{m}$ ）により記録されている。従って、最短ビット長は約 $0.6\mu\text{m}$ である。記録再生装置の簡略化の点からは、この、プリビット部の変調符号とユーザ情報の記録部の変調符号を同一にすることが望ましく、この実施例では、変調符号、記録線密度共に同一にしてある。このため、回路の大部分が共通化できる。

【0082】識別情報が小さな窪み（ビット）によって、形成することができる。本実施例では、トラック（ランド部あるいはグループ部）の両側に識別情報621及び622が均等に配置されているため、トラッキングサーボ信号への影響は相殺される。従って、トラックオフセットを十分に小さく抑えることができる。さらに、例えば、溝間部64を再生した場合、第1のプリビット部621と第2のプリビット部622のアドレス情報を連続して再生することになる。このため、この両者を総合してアドレス情報となるように情報を配置しておけば、溝間部64、グループ部63と独立にアドレス（トラック番号）、すなわち、識別情報を設定することができる。すなわち、第1のプリビット部621と第2のプリビット部622のアドレス情報を連続して再生することにより、ランド部とグループ部の識別が可能となる。

【0083】ここでは、記録膜として相変化型記録膜（GeSbTe）を用いた。従って、記録マークは非晶質領域の形で形成される。

【0084】図13で本実施例の光情報記録媒体を用いて光スポットのトラッキング制御を行う方法について下に説明する。

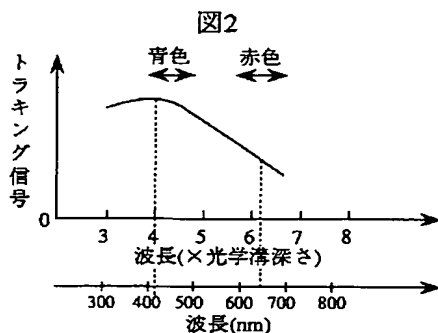
【0085】まず光検出器27で得られた光検出信号を、バンドパスフィルタ1300を通して、ウォブルの

周波数成分及びその第2高調波成分を抽出する。本実施例では、媒体と光スポットの相対線速度が約6m/sとなるようにしているため、ウォブルの周波数は約160kHzとなる。フィルタはデジタル構成でも、アナログ構成でもよい。このようにして検出したウォブル信号の強度は、光のスポットが溝部あるいは溝間部トラックの中心あるいは溝部と溝間部の境界部に位置しているときに0になる。従って、このウォブル検出信号を用いて、前記実施例と同様に光スポットを安定にトラッキングすることができる。このとき、ウォブルの位相によって、トラッキング制御の極性を切り替える必要があるがこの位相の検出には各記録単位毎に配された識別情報を用いる。すなわち、生成回路71で検出した識別情報を持ちいて、極性反転回路1302によって、ウォブル検出信号の極性を切り換える。また、ウォブル信号として基本波と共に第2高調波成分を検出するのは、基本波成分が0となったとき、即ち、トラックの中心に光スポットが位置しているときに、ウォブルに同期した信号を検出するためである。すなわち、ウォブルを用いたタイミング信号の生成には上記の基本波成分と高調波成分を併用する。

【0086】本実施例においても、前述と同じように、光検出器の出力に対して、ピークホールド回路723などを通した後で、バンドパスフィルタへと信号を導入するのが記録信号の影響を除去できるという点で望ましい。

【0087】上述した実施例を用いると、溝部と溝間部で同一のトラッキング信号が得られる、そのため、上に述べたように、溝部と溝間部が接続したような構造を持つ媒体に対しても、溝部と溝間部の間で、制御の仕方を変更することなく、安定にトラッキングを行うことができるため、装置構成が特に容易になる。従って、本実施例のような媒体を用いる場合においては、本発明のトラッキング方法（実施例1、実施例2の方法を含む）は、媒体の溝の深さが光学波長の1/4よりも浅い場合にでも有効である。即ち、赤色レーザを用いた場合でも本実施例のトラッキング方法を用いることにより、装置の構成を大幅に簡略化することができる。

【図2】



【0088】

【発明の効果】本発明を用いることにより、溝の光学的深さの略4倍の波長の光を用いても、光スポットの位置を常に溝部又は溝間部の情報トラックの中心に位置づけることが可能となる。更に、この際、溝部と溝間部に対して特に位置決めの極性を切り替えたりすることなく、情報トラックの中心に光スポットを位置づけることが可能となる。

【0089】これは、光スポットが、溝部と溝間部の中間に位置したときに、溝部と溝間部からの反射光の位相差が180度になるため、反射光の強度が小さくなり、逆に光スポットが溝部あるいは溝間部の中心部に位置した場合には反射光の強度が大きくなる性質を利用している。この、反射光の強度の変化は溝の光学深さが光波長の約1/4となったときに最も顕著に現れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を示す概念図。

【図2】トラッキング信号と波長の関係を示すグラフ図。

【図3】本発明に関わる装置の構成図。

【図4】本発明の一実施例の構成図。

【図5】本発明の一実施例の原理説明図。

【図6】従来の光スポット位置決め方式の課題を示すグラフ図。

【図7】本発明の一実施例に用いる光情報記録媒体の平面図。

【図8】本発明の一実施例に用いる光情報記録媒体の部分平面図。

【図9】本発明の一実施例に用いる光情報記録媒体の平面図。

【図10】本発明の一実施例の原理説明図。

【図11】本発明の一実施例の回路構成図。

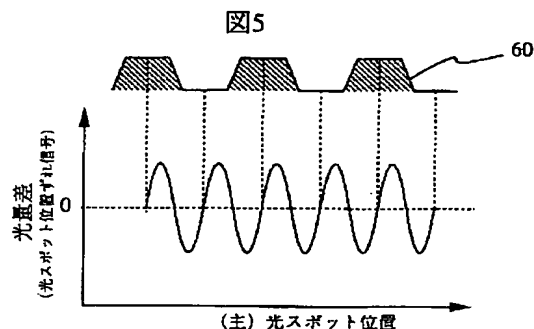
【図12】本発明の一実施例の回路構成図。

【図13】本発明の一実施例の回路構成図。

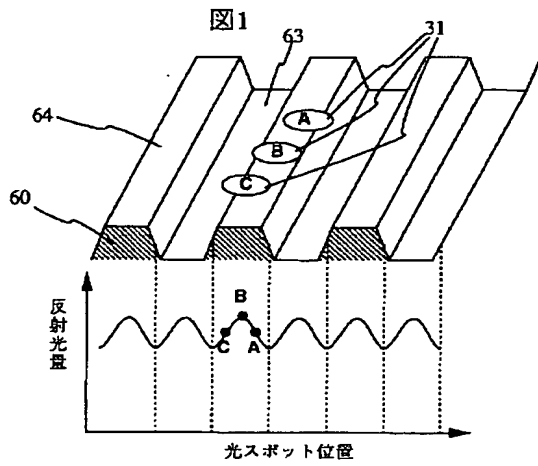
【符号の説明】

60—溝部、63—溝間部、31—光スポット。

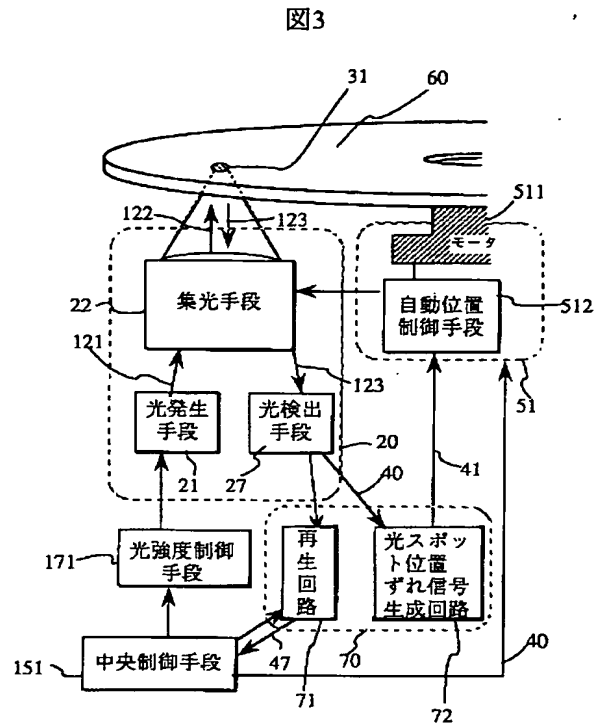
【図5】



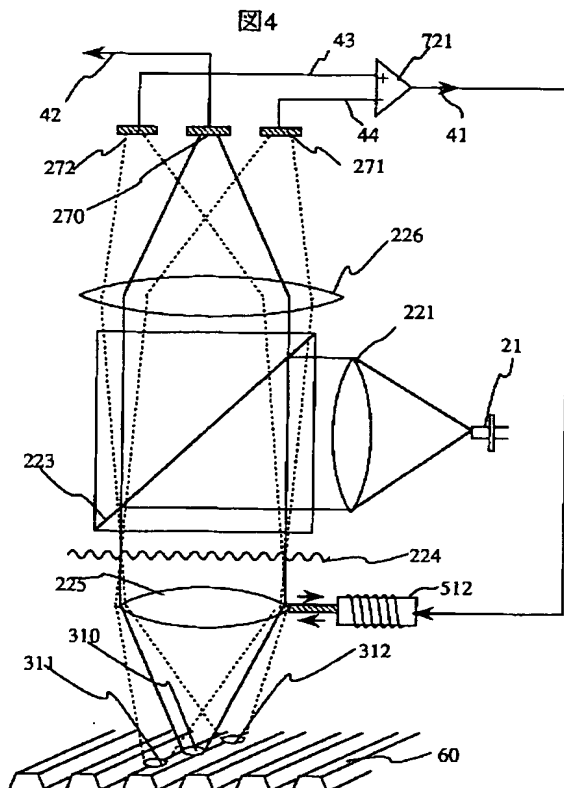
【図 1】



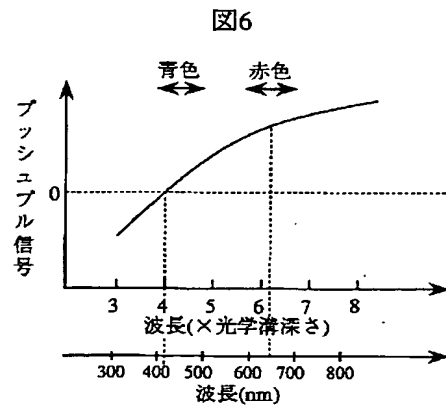
【図 3】



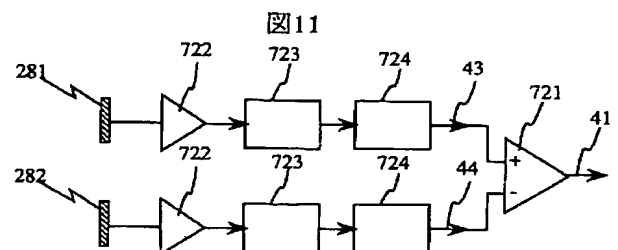
【図 4】



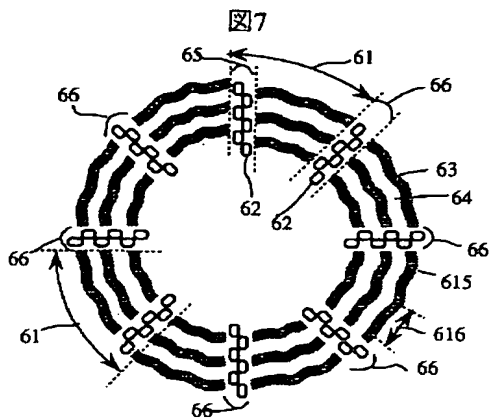
【図 6】



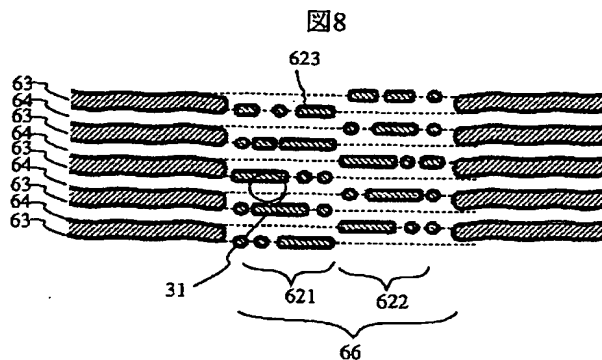
【図 1 1】



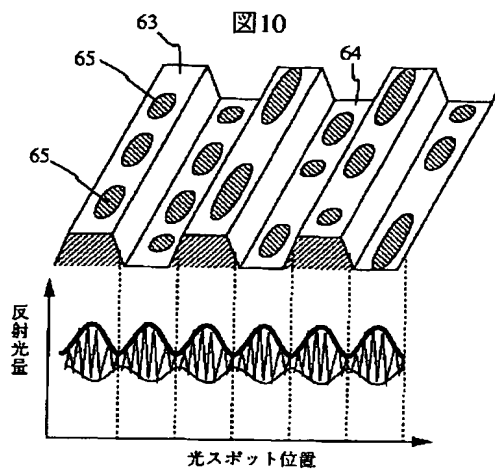
【図 7】



【図 8】

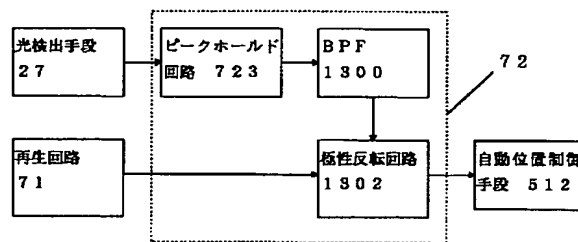


【図 10】

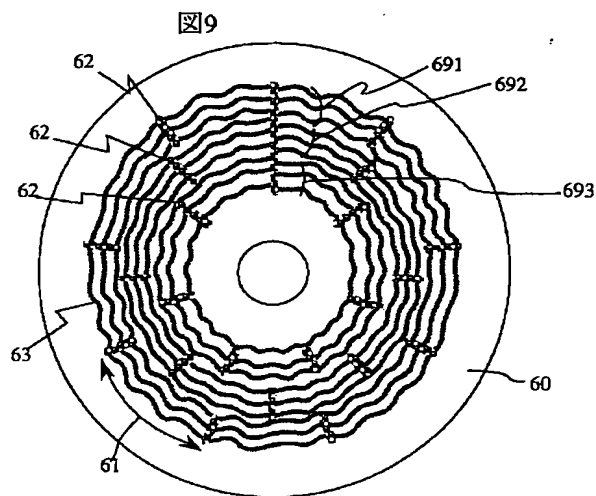


【図 13】

図 13



【図 9】



【図 12】

図 12

